

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DOMÓTICO CON PROTOCOLO MODBUS PARA EL  
CONTROL DE VARIABLES DE SEGURIDAD, AHORRO ENERGÉTICO Y CONFORT POR  
MEDIO DE UN PLC**

**ANDRÉS FELIPE GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
CHRISTIÁN DAVID VALDERRAMA VARGAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**2013**

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DOMÓTICO CON PROTOCOLO MODBUS PARA EL  
CONTROL DE VARIABLES DE SEGURIDAD, AHORRO ENERGÉTICO Y CONFORT POR  
MEDIO DE UN PLC**

**ANDRÉS FELIPE GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
CHRISTIÁN DAVID VALDERRAMA VARGAS**

**Proyecto para obtener el título de tecnólogo en mecatrónica**

**ASESOR Y DIRECTOR:  
Ing. Adonái Zapata Gordon**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**2013**

# Índice general

1.	<b>TÍTULO</b>	4
2.	<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	4
2.1.	ANTECEDENTES	4
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
2.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
3.	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	4
4.	<b>OBJETIVOS</b>	5
4.1.	OBJETIVO GENERAL	5
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
5.	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	5
5.1.	ANTECEDENTES	5
5.2.	ESTADO ACTUAL DE LA DOMÓTICA	6
5.3.	REFERENCIAS TEÓRICAS	6
5.3.1.	Redes de comunicación.	6
5.3.2.	Topología de las redes.	6
5.3.3.	Protocolos de comunicación.	9
5.3.4.	Control.	13
5.3.5.	Controlador.	13
6.	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>	13
6.1.	ESTRUCTURAS DE DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA INTERFAZ HMI, (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)	14
6.2.	DISPONER DE UN SOFTWARE DE DESARROLLO SCADA, APRENDER A UTILIZARLO Y ADAPTARLO A LAS NECESIDADES DEL PROYECTO	19
6.2.1.	Interfaz principal Indusoft v6.1	19
6.3.	SELECCIONAR UN PLC, (CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE) ADECUADO Y LAS APLICACIONES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL MISMO.	20
6.4.	IDENTIFICAR LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DISPONIBLES EN EL DISPOSITIVO ESCLAVO Y EL DISPOSITIVO MAESTRO PARA LOGRAR LA INTERCONEXIÓN Y LA TRANSMISIÓN DE DATOS.	21
6.5.	CONFIGURAR LA COMUNICACIÓN CON EL SOFTWARE INDUSOFT	23
6.6.	DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA HMI, (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)	24
6.7.	ADAPTAR LOS ACTUADORES Y/O SENSORES CON EL DISPOSITIVO DE CONTROL	25
6.8.	CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	25
7.	<b>ESQUEMA TEMÁTICO</b>	26
8.	<b>INTEGRANTES DEL PROYECTO</b>	27
8.1.	GRUPO DE CONSULTA Y DESARROLLO	27
8.1.1.	Andrés Felipe González González.	27
8.1.2.	Christian David Valderrama Vargas.	27

8.2.	TUTOR PRINCIPAL . . . . .	27
8.2.1.	Adonai Zapata Gordon. . . . .	27
8.3.	TUTORES, GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y ENTIDADES APORTANTES . . . . .	27
8.3.1.	Laboratorio de mecatrónica UTP-CDV (Centro de Visitantes). . . . .	27
9.	<b>RECURSOS DISPONIBLES</b> . . . . .	27
9.1.	PLC (Control Lógico Programable) . . . . .	27
9.1.1.	Thinget. . . . .	27
9.1.2.	Siemens. . . . .	27
9.1.3.	Allen Bradley. . . . .	28
9.1.4.	Festo. . . . .	28
9.2.	SOFTWARE DE DESARROLLO . . . . .	28
9.2.1.	Indusoft studio versión demo. . . . .	28
10.	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	28
11.	<b>PRESUPUESTO</b> . . . . .	30
12.	<b>CRONOGRAMA</b> . . . . .	32
13.	<b>CONCLUSIONES</b> . . . . .	32
14.	<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	33
14.1.	RECOMENDACIONES PRÁCTICAS . . . . .	33
14.2.	RECOMENDACIONES TEÓRICAS . . . . .	33

## BIBLIOGRAFÍA

34

# Índice de figuras

1.	Tipo bus . . . . .	7
2.	Tipo estrella . . . . .	7
3.	Tipo malla . . . . .	8
4.	Tipo anillo . . . . .	9
5.	Tipo arbol . . . . .	9
6.	Pulso de alta . . . . .	10
7.	Configuración de datos . . . . .	11
8.	Comunicación EIB, (Bus de Instalación Eléctrica) . . . . .	12
9.	Distribución del PLC (Control Lógico Programable) . . . . .	14
10.	Diagrama de flujo de inicio sesión . . . . .	15
11.	Diagrama de flujo de la ventana de registro . . . . .	16
12.	Diagrama de flujo de la ventana de opciones . . . . .	17
13.	Diagrama de flujo de la ventana exterior . . . . .	18
14.	Interfaz principal Indusoft . . . . .	19
15.	Workspace de configuración . . . . .	20
16.	PLC (Control Lógico Programable) Thinget . . . . .	21
17.	Configuración mini Din 8 . . . . .	22
18.	Configuración de comunicación serial . . . . .	22
19.	Configuración de comunicación Indusoft . . . . .	23
20.	Prueba de lecto-escritura . . . . .	23
21.	Panel de opciones - Indusoft . . . . .	24
22.	Interfaz de exterior - Indusoft . . . . .	24
23.	Interfaz de interior - Indusoft . . . . .	25
24.	Esquema temático . . . . .	26
25.	Acondicionamiento del sensor de luz . . . . .	29
26.	Acondicionamiento del sensor de temperatura . . . . .	29
27.	Presupuesto . . . . .	31
28.	Cronograma de actividades . . . . .	32

## **1. TÍTULO**

Diseño de un sistema Scada domótico con protocolo modbus para el control de variables de seguridad, ahorro energético y confort por medio de un Control Lógico Programable (PLC)

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

Revisando la biblioteca virtual Jorge Roa Martínez de la Universidad Tecnológica de Pereira, en la sección de tesis digitales, se encuentra publicado el trabajo de grado de los ingenieros de sistemas, Juan Sebastián Marulanda y Juan Fernando Campo, bajo el título “Desarrollo de un prototipo de un sistema domótico para hogares, basado en redes de protocolo X10” [1]<sup>1</sup>, que en una descripción generalizada, consiste en el desarrollo de un ejecutable bajo la plataforma Java y supone una conexión teórica del protocolo X10 con estándares europeos.

### **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Como mejorar el dispositivo domótico planteado por Juan Sebastián Marulanda y Juan Fernando Campo, para que sea un sistema funcional en el mercado colombiano?

### **2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En el trabajo de grado que se hace referencia anteriormente, se propone un sistema Scada, parcialmente implementado hasta la interfaz hombre maquina con una aplicación java. El problema principal, consiste en implementar en la red eléctrica colombiana, el protocolo X10 sin perturbaciones por armónicos que se incorporan en las líneas de transmisión, además del mantenimiento y acceso a los dispositivos que disponen de este protocolo.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Muchas veces, es necesario dejar el hogar sólo durante horas, días y en ocasiones, periodos más largos, lo que genera en los propietarios y residentes, una inseguridad constante por robos, incendios, inundaciones, corto circuitos, escapes de gas, entre otros.

Estos eventos ocurren por algunos motivos muy comunes como descuidos al dejar ventanas sin seguro, llaves mal cerradas, luces prendidas además de fugas, delincuentes, plagas, entre otros. Cada una de estas causas y eventos, son previsible con sistemas tecnológicos disponibles en el mercado actual e incluso implementados en viviendas colombianas de forma parcial, que no poseen una interfaz con el usuario apropiada además de limitaciones de distancia para ser detectadas por el usuario.

Tomando como base el proyecto de los ingenieros Juan Sebastián Marulanda y Juan Fernando Campo se requiere un sistema Scada básico de ahorro energético, confort y seguridad, que pueda ser implementado en Colombia con un protocolo funcional, estable y práctico y de fácil mantenimiento y accesibilidad.

---

<sup>1</sup>[1] Marulanda M. Juan S, Campo F. Juan F, DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SIMULADOR DE UN SISTEMA DOMÓTI- CO PARA HOGARES, BASADO EN REDES DE PROTOCOLO X10, 2010, Tomado: 15-jun-2012, <http://biblioteca.utp.edu.co> «TESIS DIGITALES». [Online], Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/62131924M389.html>.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema Scada con protocolo modbus para controlar variables de seguridad, ahorro energético y confort por medio de un PLC.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y reconocer el software de desarrollo Scada y sus funciones.
- Seleccionar un PLC adecuado para el control de variables de confort, ahorro energético y seguridad.
- Diseñar una interfaz hombre máquina para la interacción con el usuario.

## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. ANTECEDENTES**

En el periodo comprendido entre el siglo XVIII y XIX, en plena revolución industrial, el hombre vio la necesidad de incluir desarrollo tecnológico no solo procesos industriales sino domésticos, que permitieran realizar las labores del hogar con mayor facilidad, rapidez y eficacia; esto llevo a introducir los electrodomésticos que con el desarrollo de nuevas tecnologías, han permitido la evolución y desarrollo actual de los mismos.

Estos dispositivos de uso casero, de componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos, inicialmente se pensaron con el fin de realizar las tareas puntuales donde la seguridad, el consumo energético y el confort, no era la prioridad, de hecho, no eran consideraciones que el diseñador tuviera en cuenta. Esto influyó de gran manera en la crisis energética japonesa, lo cual llevo a la potencia tecnológica a avanzar a pasos gigantes con el concepto de domótica a principios de los 80.

Este término, produjo un rechazo en la gente de la época puesto que las herramientas comunicacionales y computacionales, no brindaban el soporte adecuado para cumplir las expectativas que constituyen básicamente la definición de la domótica, (hogar automático). Eso implicó la ruina de varias empresas que se aventuraron a desarrollar sin herramientas.

Algunos años después, en 1984, Estados Unidos, decidió promover el desarrollo doméstico mediante la asociación nacional de constructores de vivienda, NAHB, pretendiendo conformar un cable único que contuviera la información de todos los de la casa como el de la luz, teléfono, etc.

Posteriormente, Europa comenzó un grupo un poco más organizado que reunía la experiencia y el conocimiento de industrias importantes del sector que en 1985 salió a la luz con el nombre de EUREKA; allí se pretendía estandarizar mediante protocolos internacionales, el uso de una red doméstica con normas fijas estandarizadas, pero Japón adelanto el trabajo y presento en 1987, el sistema de bus de hogar o el protocolo HBS.

Este adelanto, puso en duda la credibilidad de EUREKA lo cual llevo a renombrar el grupo por ESPRIT y a lanzar en 1989 un primer protocolo llamado EHS por sus siglas en inglés, European Home System, y en los noventa, a lanzar el conocido, Batibus de gran éxito.

Nuevas empresas importantes en el sector, comenzaron a fijar sus intereses en el desarrollo de aplicaciones domóticas y a crear protocolos pertinentes a cada fabricante lo que en primer plano, significa graves problemas de compatibilidad. A partir de esto, una asociación de instalación de bus europeo, decidió promover el desarrollo del protocolo utilizado actualmente, el EIB (European Installation Bus).

En el mercado colombiano, la domótica se hace presente, bajo los modelos europeos y norteamericanos que en muchas ocasiones, entran al país como un modulo empaquetado con gran cantidad de sensores y controladores.

## **5.2. ESTADO ACTUAL DE LA DOMÓTICA**

Actualmente, el mercado domótico es de fuerte impacto, en países desarrollados en donde el gobierno se ha encargado de estandarizar y reglamentar la calidad de los recursos energéticos y donde las industrias desarrolladoras de tecnologías, invierten gran capital, para ofrecer un producto competitivo en la demanda de los habitantes.

Generalmente, todo proyecto domótico actual, se realiza bajo premisas futuristas y el desarrollo de nuevas tecnologías, es por esto, que el mercado europeo, estandarizo protocolos y sistemas de distribución que puedan ser reemplazables de forma modular sin alterar el sistema de forma crítica.

El término domótico en Colombia, aun es una palabra desconocida por la mayoría de habitantes y los desarrollos en la región, son de bajo impacto y con tecnología costosa y de baja fidelidad.

## **5.3. REFERENCIAS TEÓRICAS**

### **5.3.1. Redes de comunicación.**

El termino, redes de comunicación, hace referencia a la infraestructura de comunicación encargadas de transmitir y recibir información entre dos o más dispositivos asociados[3]<sup>2</sup>

### **5.3.2. Topología de las redes.**

La topología de redes de comunicación, hace referencia a la distribución estructural, física y geométrica de los dispositivos asociados al sistema que aportan ventajas en la realización del control de actividades.

Estos beneficios, se obtienen bajo los siguientes criterios:

1. Confiabilidad, economía y eficacia en la interconexión de las estaciones de trabajo
2. Evitar los tiempos de espera de la transmisión de datos
3. Permitir la asociación fácil y eficiente de nuevas estaciones de trabajo
4. Lograr el mejor control de la red[4]<sup>3</sup>

Algunas de las configuraciones más utilizadas son las siguientes:

**5.3.2.1. Bus.** Este tipo de conexión, transmite la información por un solo canal de datos o un solo bus como se observar en la figura 1, lo que significa, una comunicación codificada que cada estación recibe independientemente de las demás.

Al utilizar un solo bus, esta topología resulta ser bastante económica ya que no es necesario una comunicación directa de cada servidor con el maestro, lo que implica, menos cable de conexión e independencia en el estado de cada estación, es decir, que si un dispositivo presenta fallas de conexión, la red sigue funcionando normalmente mientras no haya presencia de fracturas ni perturbaciones en el bus principal.

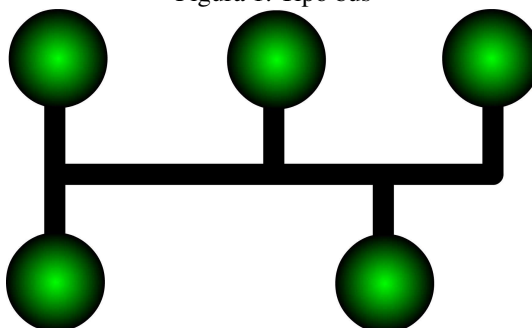
---

<sup>2</sup>«Redes de comunicaciones - Wikitel». [Online], Tomado: 16-abr-2012, Disponible en: [http://wikitel.info/wiki/Redes\\_de\\_comunicaciones](http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones).

<sup>3</sup>Herrera P. Enrique, Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial Limusa, 2003.



Figura 1: Tipo bus



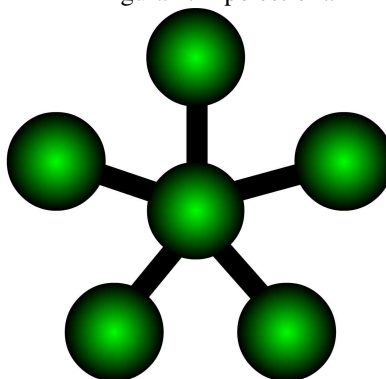
Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

La geometría lineal del bus de datos, permite también, el acoplamiento de nuevos dispositivos de forma fácil y rápida, pero al tener muchas estaciones, el sistema se puede comportar inestable puesto que cada cliente debe tener un turno de comunicación y no pueden haber simultaneidad de datos, esto puede provocar colisiones y bloquear el sistema.[4] <sup>4</sup>

**5.3.2.2. Estrella.** En la topología estrella, todos los periféricos se relacionan directamente con un controlador central que se encarga de recibir, procesar y transportar a los demás periféricos lo que traduce una menor velocidad en la comunicación entre esclavos puesto que siempre esta como puente el modulo central, pero la comunicación de cada periférico con el controlador, es rápida y directa.[4] (ver figura 2).

La estrella permite agregar fácilmente más estaciones sin alterar las demás porque cada una es independiente de la otra, esto es un beneficio y un problema a la vez puesto que muchas estaciones de tipo esclavo, requieren de mayor cantidad de cable lo que traduce un costo elevado.[4] <sup>5</sup>

Figura 2: Tipo estrella



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

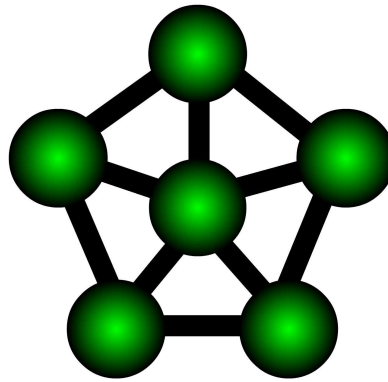
---

<sup>4</sup>Herrera P. Enrique, Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial Limusa, 2003. pág 66

<sup>5</sup>Herrera P. Enrique, Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial Limusa, 2003. pág 66

**5.3.2.3. Malla.** Una conexión de dispositivos en forma de malla, permite la transmisión de datos de forma confidencial puesto que el dato se trasmite entre transmisor y receptor de forma directa sin ningún intermedio (ver figura 3), esto intuye una velocidad alta de comunicación y un riesgo mínimo de pérdida de datos pero sacrifica costos de cableado, infraestructura especializada y dificultades para la vinculación de nuevos periféricos.[6]<sup>6</sup>

Figura 3: Tipo malla



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

**5.3.2.4. Anillo.** Similar a la topología de bus, el anillo transmite la información por un solo canal y en un solo sentido pero lo hace por segmentos de cable intercomunicados entre cada estación, esto conlleva a que la información se filtre fácilmente y se distorsione o provoque tiempos de respuesta demasiado lentos dependiendo de las capacidades de transmisión de cada estación.

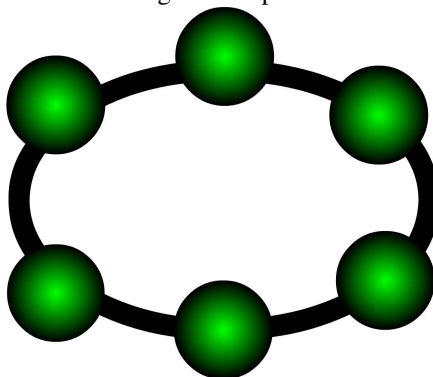
La ventaja de este tipo de configuración, es principalmente el hecho de la optimización de cableado y la adición de nuevas estaciones con facilidad sin alterar bruscamente la geometría de la red. (ver figura4).[4]

**5.3.2.5. Árbol.** La configuración geométrica de tipo árbol, ramificada o jerárquica, permite la transmisión de datos en orden de prioridades con la ubicación de dispositivos de mayor nivel o importancia, en las partes altas de las ramas (figura 5). Teniendo en cuenta lo anterior, la topología ramificada permite la adición organizada de nuevas estaciones pero tiene un gran inconveniente correspondiente a los niveles medios y bajos que requieren del estado de los dispositivos superiores y la fractura de un cable en este nivel provoca alteraciones en gran parte del sistema.[7]<sup>7</sup>

<sup>6</sup>Gil V. Pablo, Pomares B. Jorge, Candelas H. Francisco, Redes y transmisión de datos. Universidad de Alicante, 2010. pág 19

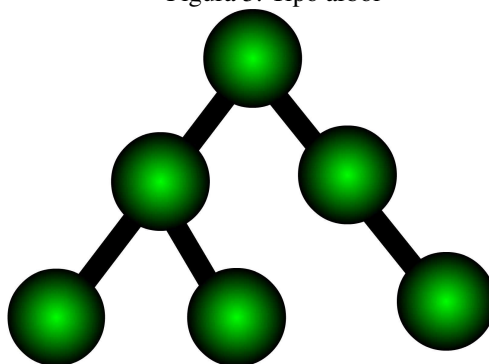
<sup>7</sup>Stair. Ralph M, Reynolds Walter, Reynolds George, Principios de Sistemas de Información: Enfoque Administrativo. Cengage Learning Editores, 2000, pág 258

Figura 4: Tipo anillo



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Figura 5: Tipo arbol



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

### 5.3.3. Protocolos de comunicación.

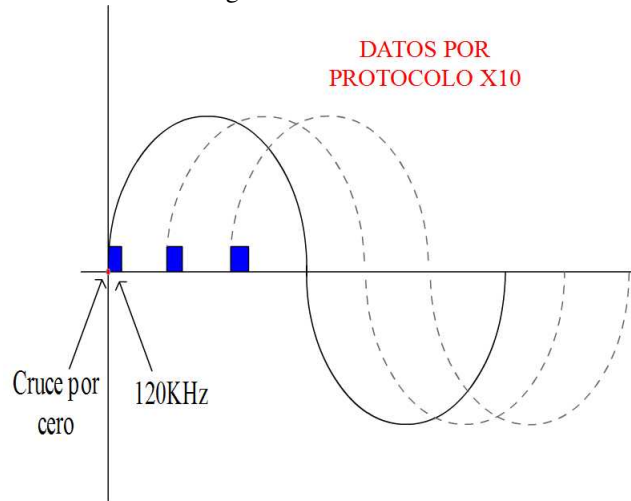
Para las necesidades de comunicación que se presentan en un sistema de tipo domótico, es de gran importancia la elección de una topología adecuada teniendo en cuenta la información anterior y a su vez la elección de un protocolo optimo de comunicación, considerando un sistema económico, eficiente y de fácil configuración para el mercado colombiano. Algunos de los protocolos más utilizados en domótica son los siguientes:

**5.3.3.1. Protocolo X10.** El protocolo de comunicación X10, es una configuración de red especialmente realizada para el control de dispositivos del hogar por medio de la red de cableado eléctrico.

El modo de operación de este protocolo, consiste en el envío de comandos binarios en señales de alta frecuencia sobre las ondas sinusoidales de la red de cableado alterno (ver 6). En este caso, un dispositivo maestro, detecta el cruce por cero de cada fase y envía un pulso de 1ms, si quiere expresar un 1 dentro del código o la ausencia del pulso si es un cero, así un dispositivo receptor, decodifica y ejecuta una operación

especifica[?, 8]<sup>89</sup>.

Figura 6: Pulso de alta



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

La codificación de datos, se hace mediante once ciclos de corriente, ver 7, de los cuales, los dos primeros, corresponden al Start Code o, código de inicio; Este, envía la configuración de emisión o recepción de datos entre los dispositivos apareados al controlador. Luego de esto, cuatro ciclos más, definen el dispositivo al cual se le transmite la información para después enviarle la acción, codificada en los últimos cinco ciclos[8]<sup>10</sup>.

De esta forma, el protocolo transmite 22 bits de los cuales 4 se utilizan para la inicialización y apareamiento y los 18 bits restantes de transmisión general de datos, a una velocidad de 60 bps, sobre una red eléctrica de 60Hz.

El protocolo de comunicación X10 tiene como fortaleza, la gran cantidad de bits de comunicación que en domótica es importante para la adición de nuevas estaciones, esto ayuda a la organización de dispositivos esclavos, sin la necesidad de grupos, que en una red multipunto es esencial si se cuenta con muchas estaciones.

**5.3.3.2. Protocolo EIB (Bus de Instalación Eléctrica).** EIB y KNX, son protocolos de comunicación especializados para la industria domótica, donde un bus de de datos, viaja contiguo a la red eléctrica hacia los dispositivos que se requiera control.

En este caso, un cable compuesto de dos hilos, transmite la señal de un sensor o de un pulsador, hacia un actuador correspondientemente acoplado, (ver 8), con un nivel de tensión de 24V, lo que lo hace menos perjudicial que los niveles manejados en el protocolo X10.

<sup>8</sup>Hogares inteligentes ó domótica doméstica: Introducción al X10 Tecnología 2.0 [Online], 12-mar-2011, Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://tecnologiadospuncocero.wordpress.com/2011/03/12/hogares-inteligentes-o-domotica-domestica-introduccion-al-x10/>.

<sup>9</sup>«Protocolo X10». [Online], Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://www2.udec.cl/~racuna/domotica/x10.htm>.

<sup>10</sup>«Protocolo X10». [Online], Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://www2.udec.cl/~racuna/domotica/x10.htm>.

Figura 7: Configuración de datos



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

El protocolo, funciona mediante una estructura descentralizada, esto implica, que cada sensor, actuador o dispositivo de visualización, debe tener una unidad de control propia e independiente de un dispositivo central; de esta forma, se asegura una red independiente del funcionamiento de cada dispositivo.

además de la fortaleza anterior, cada linea del bus, permite la derivación de hasta 12 líneas hasta asociar 256 direcciones en un área de conexión cableada de hasta 1000m; el protocolo acepta hasta 15 áreas, lo que traduce muchas estaciones, en espacios de hasta 15km.

El EIB que traduce bus de instalación eléctrica, es una asociación de diversas empresas europeas que coincidían con el mismo principio de operación para sus dispositivos pero con diferentes codificaciones, esto llevo a la implementación de unidades de control programables con la compatibilidad de diferentes marcas, lo que eleva críticamente el costo de los dispositivos además del cable anexo a la red eléctrica, que si bien se define teóricamente como bus, trabaja en topología malla, donde todos los dispositivos se comunican entre si [8]<sup>11</sup>.

Estos dos factores, influyen significativamente en el precio, lo que hace de esta una tecnología muy costosa.

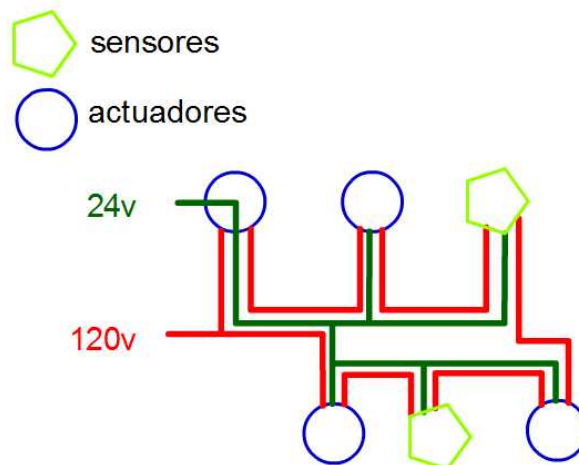
**5.3.3.3. Protocolo Protocolo de Control por Transmisión y Protocolo de Internet (TCP/IP).** El Protocolo de Control por Transmisión (TCP) y el Protocolo de Internet (IP), son un conjunto de protocolos de Internet, creados a partir de la problemática en computación, de comunicar dos o mas dispositivos de diferentes marcas entre si. Por un lado, El protocolo IP, constituye la forma de comunicar los dispositivos, y TCP se encarga de solucionar errores[4].

**Internet Protocolo (IP).** El protocolo IP, se encarga de la transmisión de paquetes de datos codificados llamados datagramas, desde el origen (cliente) hasta llegar al destino (servidor). Para este proceso, cada uno de los dispositivos, debe contar con una dirección única destinada por un software, de esta forma, la información sale del cliente con una dirección de origen y destino y un dispositivo adicional, se encarga de enrutar el paquete de datagramas hacia la dirección correcta,

La dirección, se asigna tanto a enrutadores como a dispositivos cliente/servidor, en cuatro octetos de 32bits, basándose en tres clases:

<sup>11</sup> «Protocolo X10». [Online], Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://www2.udec.cl/~racuna/domotica/x10.htm>.

Figura 8: Comunicación EIB, (Bus de Instalación Eléctrica)



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

- Clase A: El bit mas significativo es 0; los siguientes 7 son la red y los últimos 24 son la dirección del anfitrión.
- Clase B: Los bits mas significativos son 1 y 0; los siguientes 14 son la red y los últimos 16 son la dirección del anfitrión.
- Clase C: Los bits mas significativos son 1,1 y 0; los siguientes 21 son la red y los últimos 8 son la dirección del anfitrión."<sup>[4]</sup><sup>12</sup>

**Transmission Control Protocol (TCP).** Por otro lado, el protocolo TCP, se diseño con el propósito de implementar un paquete confiable de transmisión de datos, esto debido a la perdida de datagramas que se pueden generar solo con IP. TCP es el argumento de confiabilidad del conjunto de protocolos TCP/IP, puesto que re-confirma la información con sistemas temporizados en la red, así se evitan los faltantes, los datos sobrepuestos por saturación, y se crea una desfragmentación ordenada, que el protocolo de Internet, no puede manejar por si solo<sup>[4]</sup>.

**5.3.3.4. Protocolo Modbus.** Modbus es un protocolo de comunicación estandarizado de bus de campo que se conecta físicamente con otros dispositivos, bajo estructuras diferentes como el RS-232, RS-485, fibra óptica, entre muchos otros *jacks* de conexión.

Modbus, hace parte de los protocolos cableados de mediana distancia de donde se pueden interconectar dispositivos a una distancia máxima de 1200m con velocidades desde los 75 baudios hasta 19.200 baudios con transmisión *half duplex* o *full duplex*.

Este tipo de protocolo, permite la conexión maestro - esclavo de hasta 63 módulos por estación de tipo maestro y responden al driver de distribución de cada fabricante para permitir la decodificación de datos.<sup>13</sup>

<sup>12</sup>Jimenez B. Manuel, Comunicaciones Industriales. Protocolo Modbus. Universidad Politécnica de Cartagena pág 1-2

<sup>13</sup>Herrera P. Enrique, Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial Limusa, 2003, pág 260-261

#### 5.3.4. Control.

Los sistemas de control, se basan en la teoría de lógica difusa, redes neuronales, control moderno y control clásico. Este ultimo, desprende un esquema de control complejo de una única entrada y una única salida invariable en el tiempo, lo que lo hace un sistema obsoleto para la finalidad de esta investigación. Por otra parte, la teoría de control moderno, plantea soluciones de sistemas con múltiples entradas y salidas, con posibles variaciones en el tiempo y compatibilidad con sistemas lineales o no lineales, bajo el concepto de estado y dominio temporal.[10]<sup>14</sup>

#### 5.3.5. Controlador.

**5.3.5.1. Controlador Lógico Programable (PLC).** Las siglas PLC, corresponden en español, a un controlador lógico programable, compuesto de tres elementos principales, correspondientes a las entradas, las salidas y la unidad de control.

Las entradas, pueden captar la señal de sensores de tipo digital o analógico, que generalmente manejan niveles de tensión de 5VDC, 24VDC, 48VDC, 110VAC y 220VAC, que pueden provenir de pulsadores, finales de carrera, sensores capacitivos, inductivos, etc.

La información que capta cada entrada, pasa a la unidad de control que se compone de un microprocesador correspondiente a cada fabricante y variable con respecto a la potencia de procesos de cada PLC. además, cuenta con 3 tipos de memoria que son la RAM, la ROM y la de almacenamiento del usuario.

El componente final del PLC, son las salidas que manejan los niveles de tensión de alimentación, que fácilmente pueden controlar motores, válvulas, cilindros, etc, pero que generalmente se acoplan a releadores o contactores, para evitar daños en la unidad de procesos por las grandes corrientes que la carga solicite.

Adicional a lo anterior, hay otros componentes en el PLC, como se puede observar en la 9, en donde se encuentra el panel de visualización, el panel de comunicación, los bornes de alimentación y los ya nombrados, bornes de entrada y salida. Dentro del panel de visualización, en algunos modelos, se puede encontrar una pantalla LCD o led's indicadores, que pueden informar al usuario de alguna falla, o del correcto funcionamiento del dispositivo.

En la mayoría de dispositivos comerciales que poseen display's, es posible la programación de estos para la interfaz hombre maquina, lo que permite mostrar información en pantalla de sensores o del estado actual de las salidas.

Por otra parte, los dispositivos PLC, permiten la comunicación con periféricos y otras unidades de control, por medio de los puertos USB, profibus, ethernet, serial 232, entre otros, esto varía de un dispositivo a otro según el fabricante y el procesador.[11]<sup>15</sup>

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

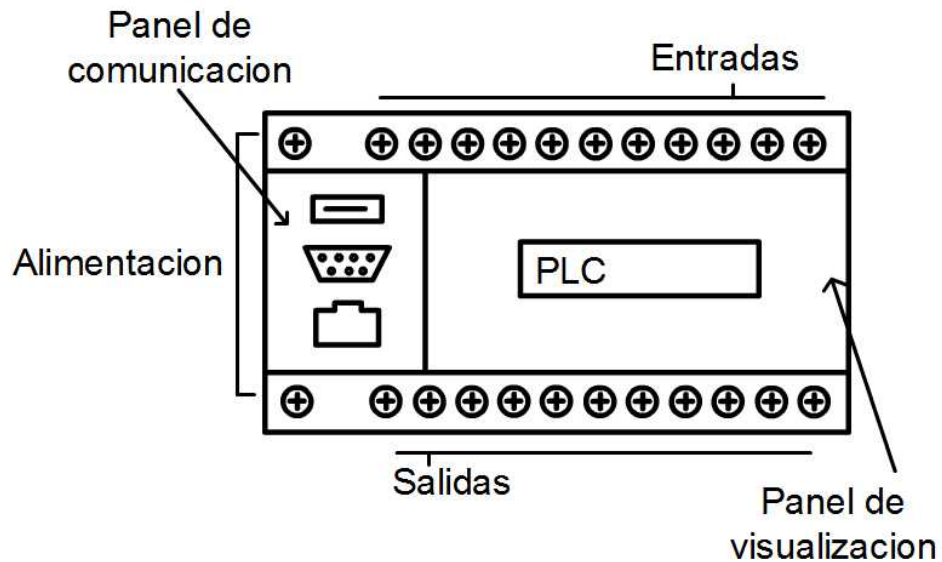
Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto Scada, es necesario dividir las prioridades de la siguiente manera:

---

<sup>14</sup>Ogata Katsuhiko, Ingeniería de Control Moderna. Pearson Educación, 2003, pág 70

<sup>15</sup>«Que es un PLC (Avanzado)» [Online], Tomado: 13-jul-2012, Disponible en: [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php).

Figura 9: Distribución del PLC (Control Lógico Programable)



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

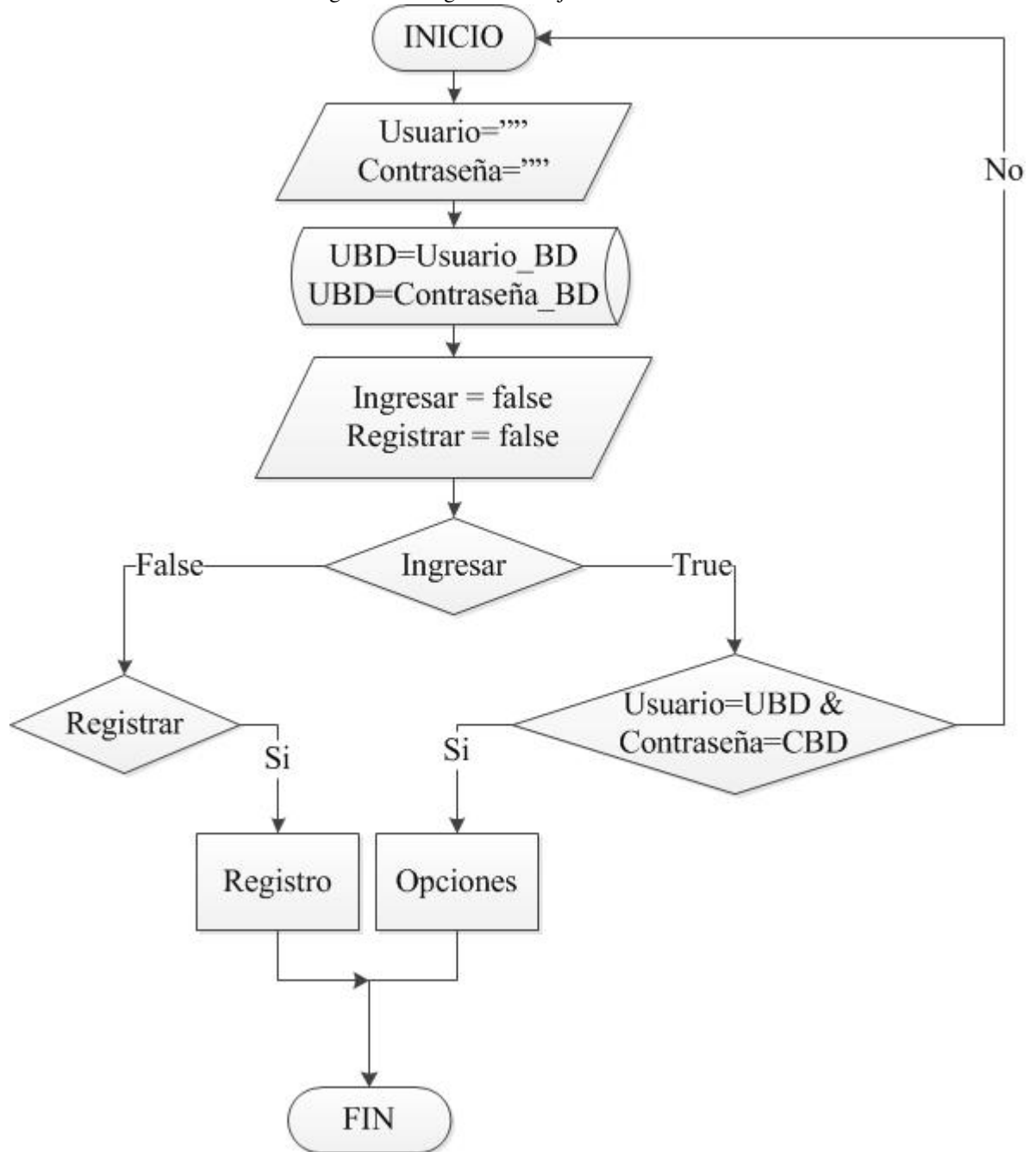
### 6.1. ESTRUCTURAS DE DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA INTERFAZ HMI, (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)

Con el fin de hacer un sistema capaz de interactuar con el usuario, es necesario realizar una interfaz de uso exclusivo que permita recibir los datos de los sensores y tomar acciones de control, alertas o simplemente visualización de eventos.

Para la realización de esta aplicación, fué evaluado el software Indusoft acorde a la unidad de control y adquisición de datos. Estas alternativa se evaluó y desarrolló bajo las siguientes estructuras.

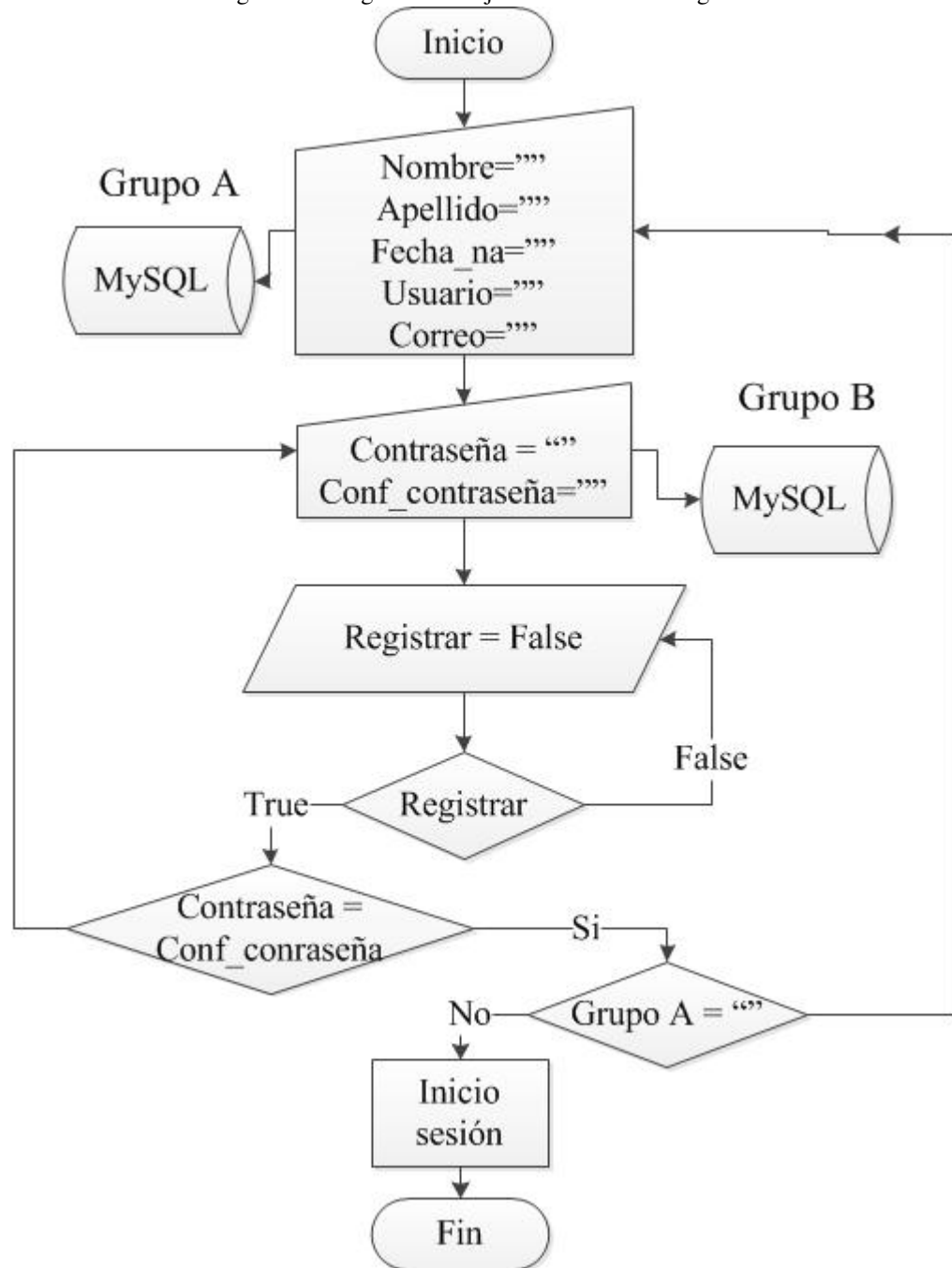


Figura 10: Diagrama de flujo de inicio sesión



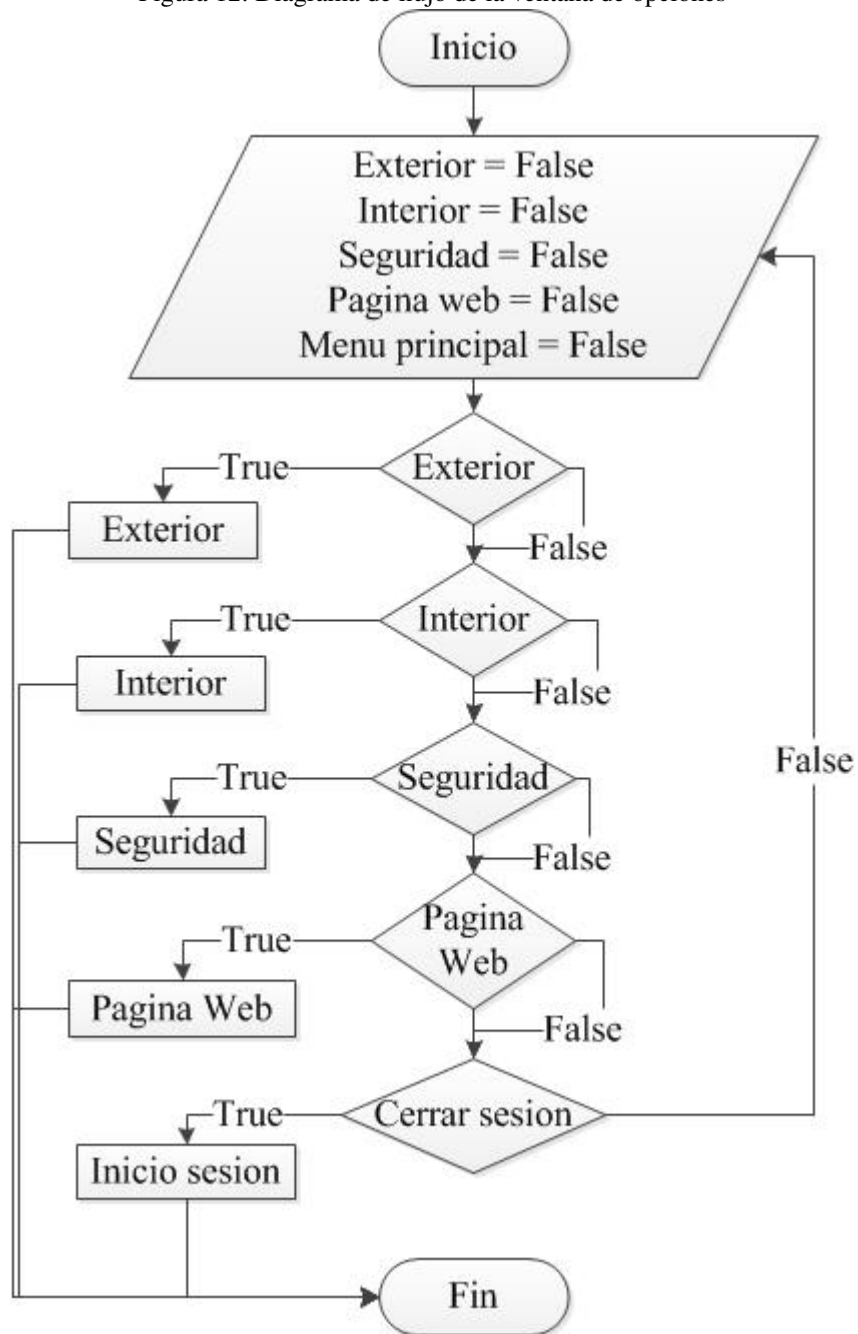
Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Figura 11: Diagrama de flujo de la ventana de registro



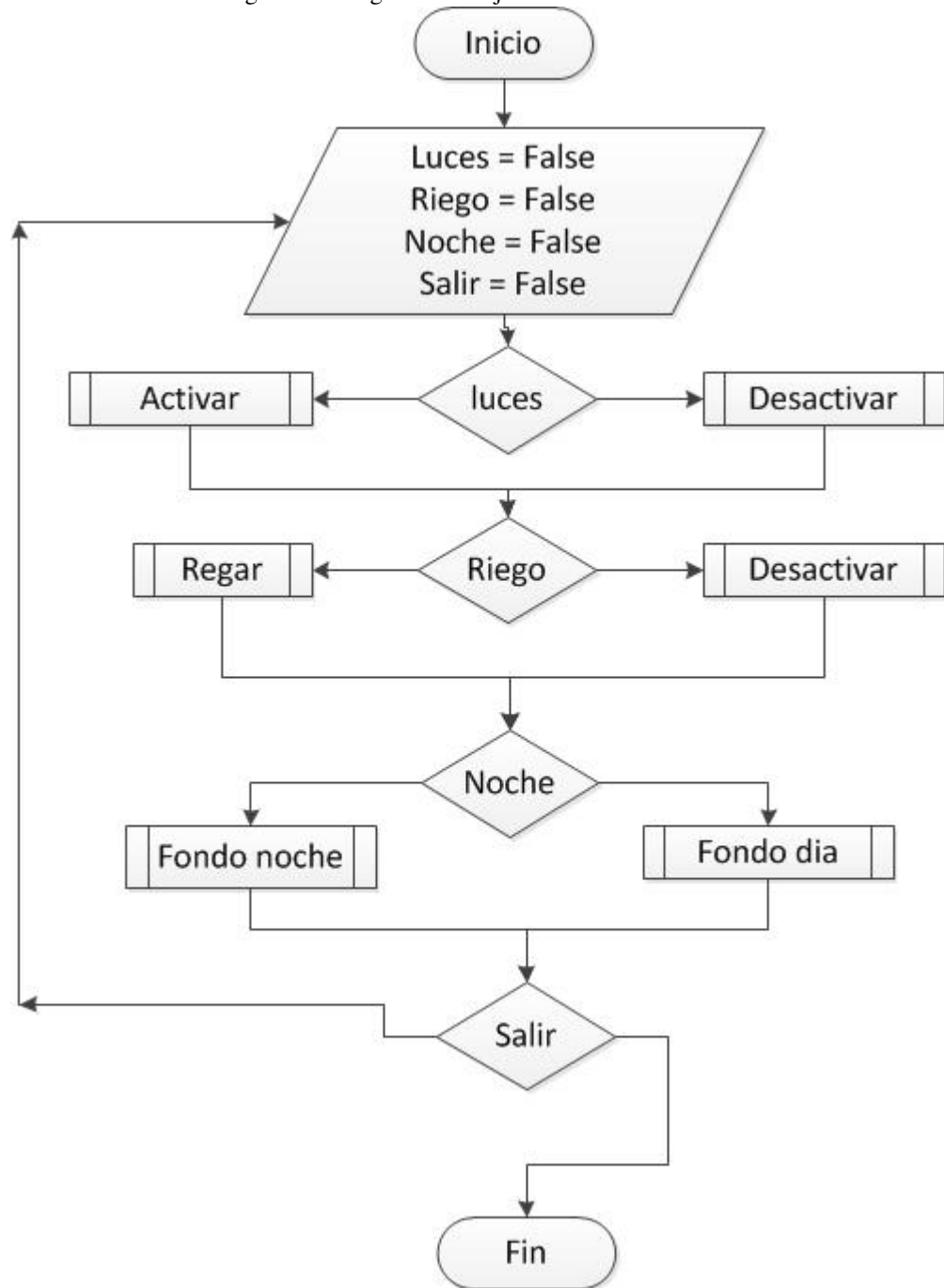
Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Figura 12: Diagrama de flujo de la ventana de opciones



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Figura 13: Diagrama de flujo de la ventana exterior



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

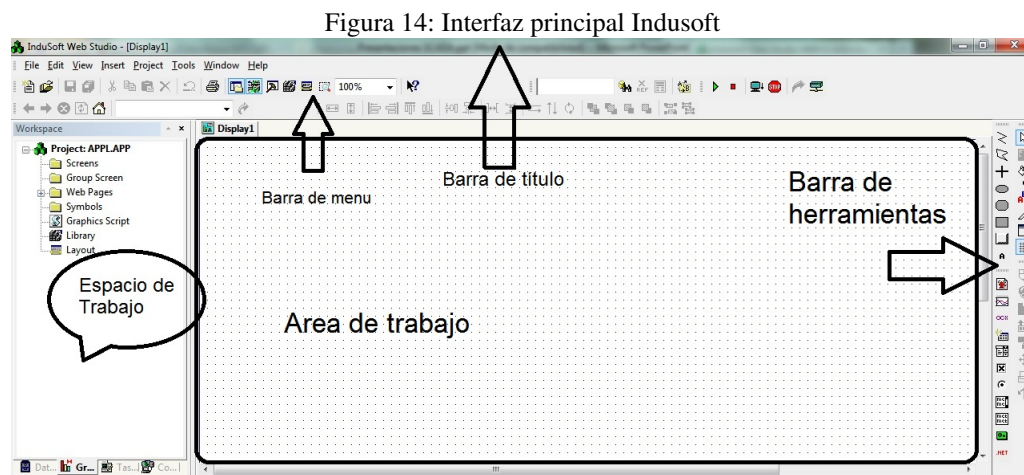
## 6.2. DISPONER DE UN SOFTWARE DE DESARROLLO SCADA, APRENDER A UTILIZARLO Y ADAPTARLO A LAS NECESIDADES DEL PROYECTO

Dentro de las muchas ofertas que se presentan en la web de software de desarrollo Scada, IGSS se presentó como una alternativa llamativa y novedosa de libre adquisición que de entrada, solucionaba el problema crítico de licencias. El inconveniente principal es la información referente al software además de solicitar registros para funciones adicionales que realmente limita el desarrollo y las comunicaciones.

Posteriormente, se trato de hacer la evaluación de Labview, pero el software es de características muy pesadas para el sistema por esta razón, se decidió utilizar el software Indusoft v6.1 que permite trabajar en modo demostración y comunicación con importantes marcas de PLC entre ellas Siemens, Allan Bradley, entre otras, y drivers de uso genérico para otras marcas.

El reconocimiento de Indusoft, fue el primer paso y el más importante para poder utilizarlo, todo esto fue posible por la documentación que dispone el sitio web oficial<sup>16</sup>.

### 6.2.1. Interfaz principal Indusoft v6.1



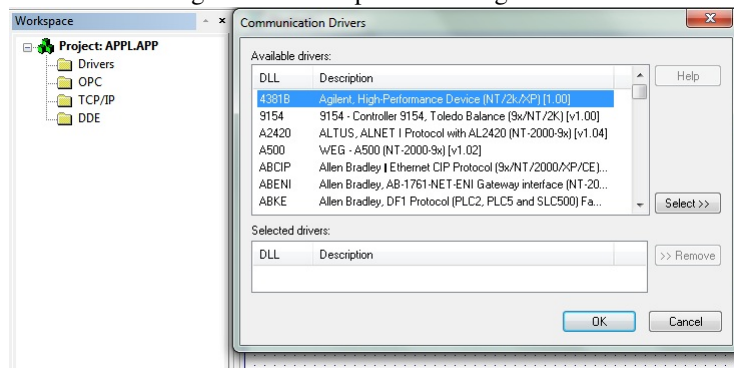
Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

En la figura 14, se muestra el ambiente de trabajo de la aplicación la cual consta de la típica barra de título, las barra de Herramientas, el área de trabajo, el espacio de trabajo y la barra de menús. Dentro de esta ultima barra que se ubica en la parte superior, se permite crear proyectos nuevos además de ejecutar la aplicación, de pararla, de ajustar el zoom, entre muchas funciones propias del software.

Al crear un nuevo proyecto, este se ubica en en el espacio de trabajo (workspace), desde este lugar, se pueden agregar nuevas ventanas para la aplicación, visualizar y navegar por las que ya están existentes. Otras de las funciones disponibles en el workspace, se encuentran en botones de menú de esta área que permite configurar los drivers de comunicación, las palabras de comunicación, la velocidad de transición de datos, los puertos de lecto-escritura, entre muchas mas funciones para poder comunicar los datos externamente??.

Para el desarrollo gráfico, el área mas importante es la barra de herramientas que permiten agregar botones, indicadores, asignar acciones, funciones action script, etc.

Figura 15: Workspace de configuración



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

La configuración de algunas cualidades de botones, barras de desplazamiento y otros, requieren de la utilización de lenguaje de programación Visual Basic, que es totalmente compatible y además, posee un editor propio del software que no requiere de herramientas de programación externas para incluir el código.

### 6.3. SELECCIONAR UN PLC, (CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE) ADECUADO Y LAS APLICACIONES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL MISMO.

Para definir el PLC, fue necesario hacer uso de los recursos del laboratorio de mecatrónica ubicados en ParqueSoft Pereira; allí, se disponen de dispositivos Allan Bradley, Siemens, Thinget y Festo, todos compatibles con Indusoft.

Al iniciar con el PLC, se evaluó el PLC Siemens S7 300 puesto que este ya había sido conectado exitosamente al software Scada y tiene un driver específico para los protocolos de comunicación. Las desventajas que hicieron desistir de este dispositivo, es la instalación de múltiples software para la programación, para el reconocimiento de comunicación y la incompatibilidad con algunos sistemas operativos lo que requería el uso de maquinas virtuales o la reinstalación del sistema operativo, sacrificando funciones; adicional a esto, el PLC Siemens disponible, se encuentra configurado y utilizado por una celda de manufactura flexible y complicaba la movilidad y el uso del dispositivo.

Una alternativa menos elegante pero mas funcional, era la utilización de un PLC de la marca Thinget de fabricación China. Este dispositivo, de modelo XC3-32R-C, se adaptaba a las necesidades del proyecto y la información posteada en el sitio web oficial, fue de gran ayuda para interpretar el dispositivo haciendo uso de los manuales descargables de forma gratuita desde la página<sup>17</sup>.

<sup>16</sup><http://www.Indusoft.com>

<sup>17</sup><http://www.imenista.com>

Figura 16: PLC (Control Lógico Programable) Thinget



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

El software de programación del dispositivo, es el XCPRO v.3.1 compatible con diferentes sistemas operativos lo que solucionaba el primer problema obtenido con el PLC Siemens. El XCPRO, se puede descargar de la página oficial, es de libre distribución y allí mismo provee la información necesaria para configurar y programar el dispositivo.

#### **6.4. IDENTIFICAR LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DISPONIBLES EN EL DISPOSITIVO ESCLAVO Y EL DISPOSITIVO MAESTRO PARA LOGRAR LA INTERCONEXIÓN Y LA TRANSMISIÓN DE DATOS.**

El dispositivo maestro utilizado para la realización de este proyecto, es un computador de mesa hewlett packard, con procesador Intel, doble núcleo y con sistema operativo Windows 7 Home Basic. Este dispositivo, cuenta con puertos de comunicación RS-232, puertos USB de uso genérico, además de los puertos VGA, Paralelo y PS2 utilizados por mouse y teclado.

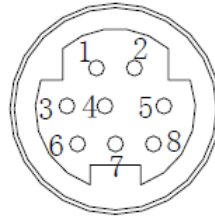
El dispositivo esclavo que corresponde al PLC thinget XC3-32R-C nombrado anteriormente, cuenta con dos puertos de comunicación MODBUS, (COM1 Y COM2), que generalmente se distribuyen de la siguiente manera:

- COM1 (Port1), esta destinado para la programación y la comunicación con otros periféricos como impresoras, módulos HMI, (Interfaz Hombre Maquina) , etc, pero no permite las acciones de set ni reset
- COM2 (Port2), es el puerto de comunicación y también puede usarse para la programación, la diferencia con el anterior, es que este si permite el estado set y reset por medio de software.

Los dos puertos de comunicación, tienen un conector mini Din 8 configurado como se ve en la figura 17; de estos 8 pines, solo son necesarios 3 para la comunicación RS-232 correspondientes a RxD (recepción de datos), TxD (Envío) y GND (para hacer común las masas del PLC con las del computador).

Figura 17: Configuración mini Din 8

● **The pin graph of COM 1 (Port1):**



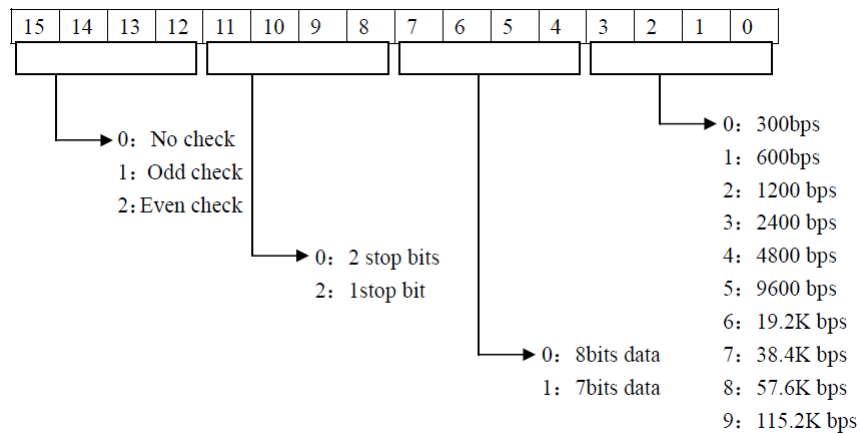
- 2: PRG
- 4: RxD
- 5: TxD
- 6: VCC
- 8: GND

Mini Din 8 core socket (Hole)

Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Los parámetros de comunicación que se definen por defecto para el dispositivo Thinget, se configuran con una velocidad de transmisión de 19.000 bps, un bit de stop, trama de datos de 8 bits y la paridad tipo even. Los parámetros de velocidad, se pueden modificar con desde 300 bps hasta 115.2 Kbps de igual forma se puede modificar los bits de stop de 1 a 2, la trama de 8 a 7 bits y la paridad.

Figura 18: Configuración de comunicación serial



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

El Software XCPRO, tiene una función de autodetección del puerto el cual reconoce la instalación del puerto en el dispositivo, la velocidad de transmisión de datos, la paridad y la trama de bits y desde allí mismo es posible configurar las características de transmisión diferentes. Una vez configurado esto, es posible realizar la programación en lenguaje ladder, en instrucciones o en bloques, que va a permitir darle instrucciones de entrada y salida al PLC.

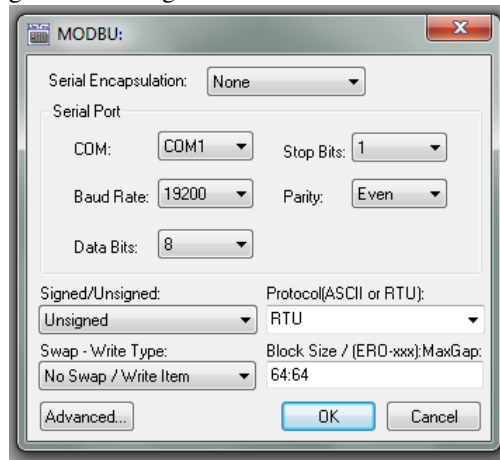


## 6.5. CONFIGURAR LA COMUNICACIÓN CON EL SOFTWARE INDUSOFT

Realizando los pasos anteriores, el dispositivo esclavo y maestro se encuentran comunicados y totalmente compatibles, es posible programar, escribir y leer datos desde el computador hacia el PLC y viceversa, sin embargo, el software Indusoft necesita la identificación y configuración del driver de comunicación puesto que este software es multiplataforma y maneja protocolos de comunicación diferentes además de la configuración de bits que se diferencia entre las casas productoras de PLC.

De esta forma, se busco el driver adecuado para el PLC Thinget y no se encontró ninguna referencia exclusiva para esta marca dentro del paquete de controladores del Indusoft, por esta razón, fue necesario configurar un controlador genérico tipo MODBUS llamado MODBU y se configuró como se ve en la figura 19. De esta forma, se define el mismo tipo de paridad, la trama de datos, los bits de parada, la velocidad y el mismo puerto COM que reconoce el computador que se puede verificar haciendo clic derecho sobre "equipo" y seleccionar la opción de administrar> administrador de dispositivos > puertos COM y LPT ó verificando directamente desde el software de programación XCPRO que además proporciona la información de paridad, velocidad de transición, bits de parada, trama de datos, etc.

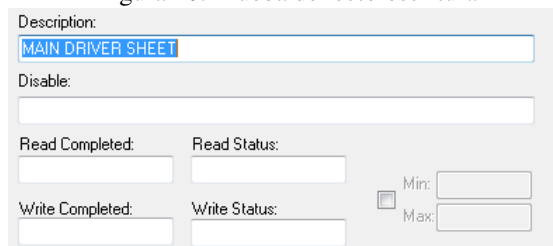
Figura 19: Configuración de comunicación Indusoft



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Así se puede configurar el software Scada con el PLC y se puede verificar con la opción de prueba de lecto-escritura del Indusoft que se puede ver en la figura 20.

Figura 20: Prueba de lecto-escritura



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

## 6.6. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA HMI, (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)

Indusoft, provee un paquete muy completo dedicado al desarrollo HMI/SCADA que simplifica las operaciones de comunicación, acciones de botones y recursos gráficos simples para el nivel de interfaz con el usuario.

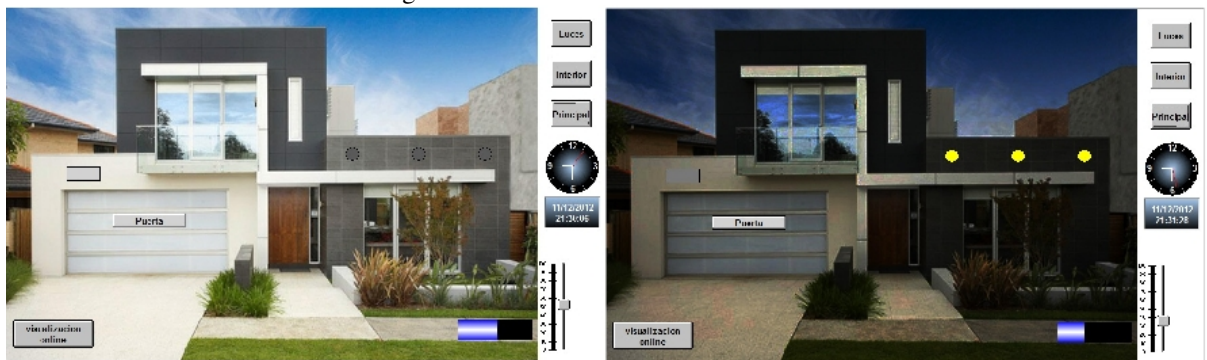
Además de los componentes gráficos, es fácilmente adaptable con una gran cantidad de marcas de PLC disponibles en el mercado. De acuerdo a lo anterior, se trabajó en la configuración de un HMI de la siguiente manera.

Figura 21: Panel de opciones - Indusoft



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D. Domo, InduSoft Web Studio [programa de computador en disco], Versión 6.1 para Windows. Pereira (Risaralda, Colombia). [Update: 29-sept-2012].

Figura 22: Interfaz de exterior - Indusoft



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D. Domo, InduSoft Web Studio [programa de computador en disco], Versión 6.1 para Windows. Pereira (Risaralda, Colombia). [Update: 29-sept-2012].

Figura 23: Interfaz de interior - Indusoft



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D. Domo, InduSoft Web Studio [programa de computador en disco], Versión 6.1 para Windows. Pereira (Risaralda, Colombia). [Update: 29-sept-2012].

Puesto que el diseño en la plataforma Indusoft se realizó con fines evaluativos, los diagramas de flujo, (ver figuras 10, 11, 12), están parcialmente implementados y los resultados de gráficos aunque limitados, cumplen con el objetivo de realizar una aplicación de escritorio.

La información de la configuración del driver, se encuentra detallada en la hoja de datos incluido en el software, en esta parte se aclaran aspectos importantes sobre la interpretación de datos digitales, analógicos y de otros tipos de codificación que se puedan intercambiar.

## 6.7. ADAPTAR LOS ACTUADORES Y/O SENSORES CON EL DISPOSITIVO DE CONTROL

Una vez resueltos los problemas de configuración y realizada la interfaz HMI, (Interfaz Hombre Maquina), es necesario adaptar las entradas y las salidas del dispositivo PLC, si es de forma digital, es necesario conmutar la tierra común a cada una de las entradas X1, X2, ... Xn que se estén usando en la programación del PLC.

Por otro lado, las salidas Y1, Y2, ... Yn, emiten una tensión de 24V siempre y cuando en la programación, la entrada conmute la salida específica y además, esa entrada se encuentre activa, así es posible conectar bombillos, motores, electro-imanés, entre otros dispositivos que trabajen a 24V o se puede enviar la señal a la bobina de un relebador que permita acoplar tensiones superiores si es necesario.

## 6.8. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Este proyecto dispone de la adaptación de ciertos elementos comerciales que respaldan la confiabilidad de los mismos agregando a los resultados obtenidos, una garantía y respaldo empresarial.

En cuanto al controlador PLC, se estipula un nivel de confiabilidad del 90% basado en ciertos factores críticos como la baja comercialización del producto utilizado, las herramientas de información y las referencias que indiquen un buen funcionamiento por los usuarios. Sin embargo, el desarrollo de este proyecto requiere de procesos livianos que generalmente consisten en la adquisición de datos. Por este motivo se considera que el dispositivo está acorde a las necesidades y la calificación de confiabilidad es considerada así pues es un buen elemento dejando un margen de error del 10%.

El software Indusoft como herramienta de desarrollo Scada, tiene un respaldo y una garantía sólida que no solo involucra a la empresa desarrolladora sino que a su vez es un producto apoyado por marcas comerciales de

PLC tales como Siemens, Festo, Allan Bradley, entre muchas más.

La elaboración de la pantalla HMI, (Interfaz Hombre Maquina) y la utilización de etiquetas o “tag’s”, se desarrollaron bajo la supervisión del ingeniero William Prado Martínez que desempeña las labores de docente en la Universidad Tecnológica de Pereira y dicta la materia correspondiente al desarrollo de aplicaciones Scada. Esto sugiere un nivel de confiabilidad alto al ser calificada por él de forma excelente.

En consideración grupal, el proyecto tiene un margen de error de aproximadamente el 5 % que se debe a la utilización de sensores de bajo presupuesto y características regulares. Este problema se manifestó principalmente en el reacondicionamiento de señales y definición exacta de mínimos y máximos que permitieran una curva ideal de la operación de los sensores.

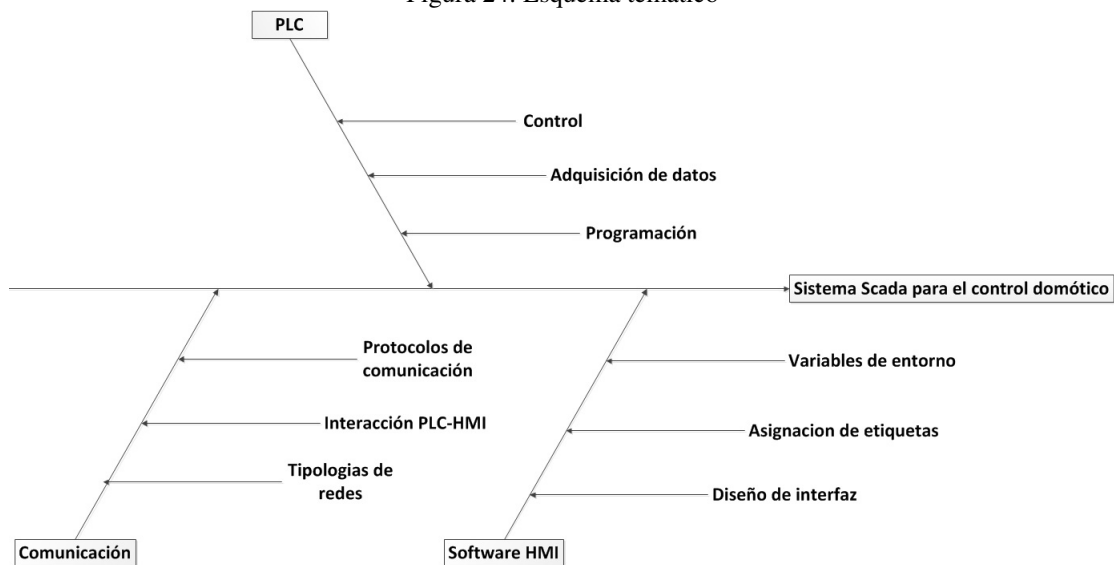
En primera instancia, fue necesaria la utilización de estos productos para la evaluación y el prototipo pero las variaciones de ciertos componentes elevarían de 95 % a 99 % la confiabilidad de este proyecto.

En cuanto a la validez, el desarrollo de esta aplicación domótica es fundamentada en una acción mejoradora de un proyecto anterior referente a los ingenieros Juan Sebastián Marulanda y Juan Fernando Campo. Esto colabora con una serie de estudios y referencias teóricas que sustentan este proyecto.

A su vez, este se torna como válido al demostrar un protocolo aceptado y confiable en Colombia que a diferencia del proyecto presentado por los ingenieros nombrados, este se sustenta en un prototipo real que traspasa los resultados teóricos de un simulador.

## 7. ESQUEMA TEMÁTICO

Figura 24: Esquema temático



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

## **8. INTEGRANTES DEL PROYECTO**

### **8.1. GRUPO DE CONSULTA Y DESARROLLO**

#### **8.1.1. Andrés Felipe González González.**

Técnico Profesional en mecatrónica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
CC. 1.088.281.362  
Pereira

#### **8.1.2. Christian David Valderrama Vargas.**

Técnico Profesional en mecatrónica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
CC. 1.088.283.296  
Pereira

### **8.2. TUTOR PRINCIPAL**

#### **8.2.1. Adonái Zapata Gordon.**

Ingeniero Mecánico  
Universidad Tecnológica de Pereira

### **8.3. TUTORES, GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y ENTIDADES APORTANTES**

#### **8.3.1. Laboratorio de mecatrónica UTP-CDV (Centro de Visitantes).**

Laboratorio de mecatrónica  
CDV Barrio San Luis Carrera 31 # 15 - 87  
Tel: (57)(6) 3216899/4

## **9. RECURSOS DISPONIBLES**

### **9.1. PLC (Control Lógico Programable)**

#### **9.1.1. Thinget.**

**Modulo maestro de entradas y/o salidas digitales** PLC Thinget XC3-32R-C, de 24VDC de alimentación y salidas de 24VDC relevadas 7mA. El modulo cuenta con 16 entradas y 16 salidas digitales expansibles de forma octal con hasta 7 módulos digitales y/o análogos. La comunicación se realiza bajo el protocolo MODBUS, con conexión RS-232 o RS-485.

**Modulo esclavo de entradas y salidas análogas** Modulo de expansión, PLC Thinget XC-E3AD4PT2DA, con 3 canales de entrada de corriente de 14 bits de 0-20mA o de 4-20mA, 2 canales de salida de voltaje de 0 a 5V o de 0 a 10V y de 3 a 4 canales especiales de temperatura con sensores PT100.

#### **9.1.2. Siemens.**

PLC S7-300 de configuración modular libre, con comunicación industrial Ethernet / PROFINET. Contiene una CPU de 192Kbytes de memoria a 0,06 segundos de operación por bit.

### **9.1.3. Allen Bradley.**

Este PLC de referencia Micrologix 1100 es un dispositivo controlador con protocolo Ethernet/IP integrado de 10 a 100 Mbps con 2 entradas analógicas, 10 entradas digitales y 6 salidas digital. Cuenta también con una pantalla HMI, (Interfaz Hombre Maquina) de la familia Micrologix que permite interactuar funciones con el usuario

### **9.1.4. Festo.**

PLC FEC 34 contiene 2 puertos de expansión y conexión RS-232 con adaptador y 120 Kb de memoria. Este dispositivo, contiene 6 salidas transistorizada de 0.6 Amps y 2 salidas relevadas de 2 Amps.

## **9.2. SOFTWARE DE DESARROLLO**

### **9.2.1. Indusoft studio versión demo.**

Software Scada, HMI, (Interfaz Hombre Maquina) , Indusoft V.6.1 (versión demo) e Indusoft V.7.1 (versión demo), con mas de 125.000 interfaz hombre-máquina y control de supervisión y adquisición de datos limitadas por las 40 horas de versión de prueba.

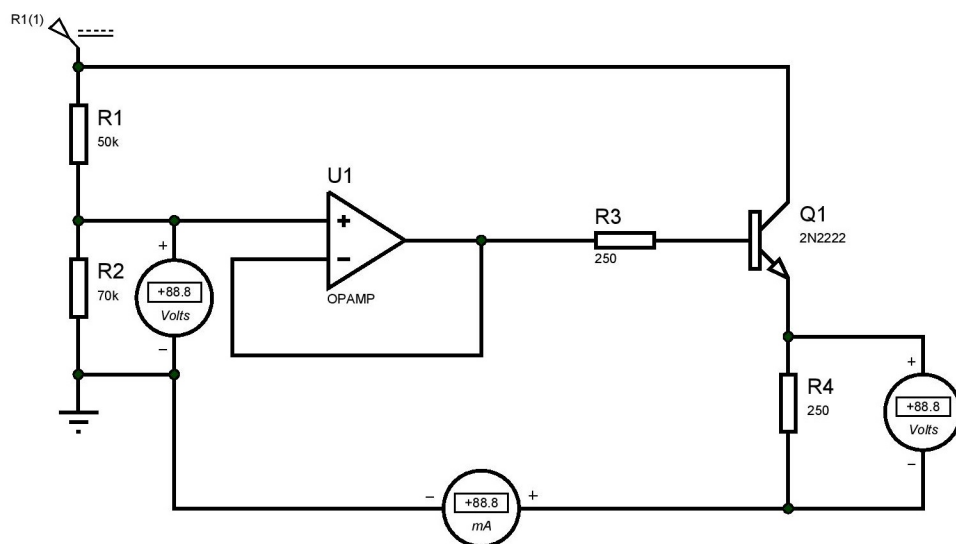
## **10. RESULTADOS**

En esta etapa, se pudo identificar el software Indusoft para el desarrollo de aplicaciones Scada pues tiene componentes muy útiles para realizar la interfaz y la comunicación. En este programa se utilizaron algunas herramientas que fueron indispensables para poder crear un ambiente gráfico, adecuado y comprensible para el usuario. Dentro de las herramientas utilizadas están los botones, sliders y barras gráficas.

Una vez que se identificaron las características de Indusoft, se eligió el PLC descrito al procedimiento del marco metodológico. En este punto fue necesaria la realización de circuitos electrónicos para el acondicionamiento de la señal puesto que el PLC Thinget de entradas y salidas analógicas utiliza los estándares industriales de 0-20mA y 4-20mA.

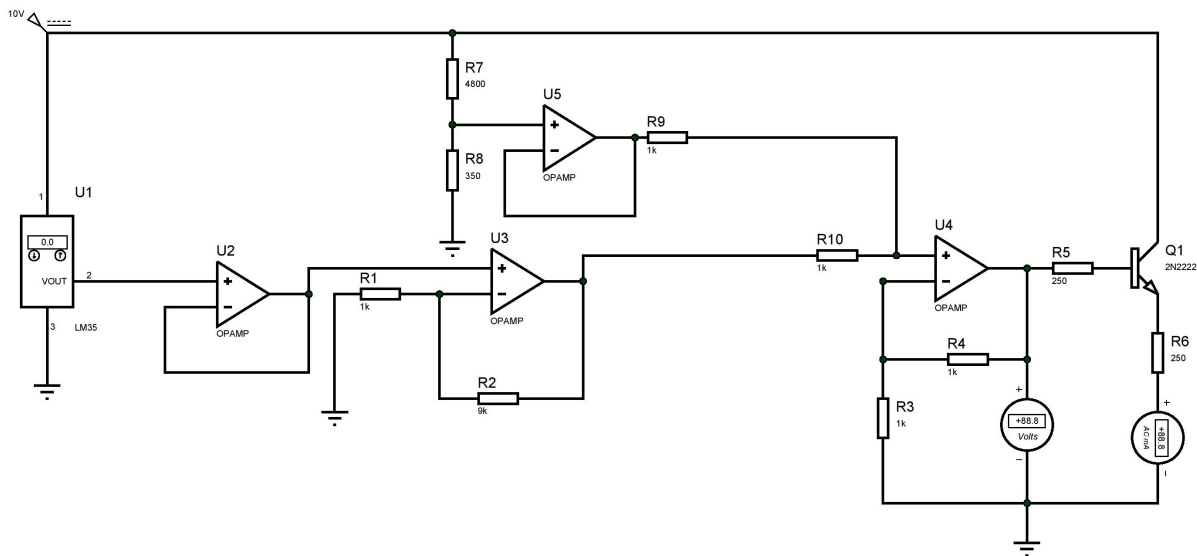
Estos circuitos fueron simulados en proteus para luego realizar su montaje. Los resultados de esa simulación se dieron de la siguiente forma para un sensor de luz y otro de temperatura respectivamente. (Ver figuras 25, 26)

Figura 25: Acondicionamiento del sensor de luz



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

Figura 26: Acondicionamiento del sensor de temperatura



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

En el circuito del sensor de luminosidad, la resistencia R2 se reemplaza por la fotorresistencia la cual varía su valor en Ohms con la incidencia de la luz sobre la placa fotosensible.

El valor que se pudo obtener en mínima incidencia de luz es de 70 K Ohms, teniendo en cuenta que fue aislada de la luz ambiente en un 90 % (aprox). Con este valor, se diseñó un divisor de voltaje con la resistencia R1 para que el voltaje fuera variado entre 0 y 5,7V.

El amplificador que se visualiza en el circuito, cumple las funciones de seguidor para garantizar la tensión. Posteriormente, la salida pasa por la resistencia de base R3 hacia el transistor 2N2222.

Teniendo en cuenta un voltaje de salida de 5,7, se calcula el valor de la resistencia R3 de la siguiente forma.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5,7V}{20mA}$$

$$R = 285ohms$$

Esta resistencia se aproxima a un valor comercial de 250 Ohms y permite que el transistor conmute entre 0 y 20mA lo cual es lo requerido para la entrada analógica del PLC. Para compensar el consumo del transistor, el voltaje del divisor varía entre 0 y 5,7 de los cuales se consumen 0,7 por el 2N2222. (Ver figura 25)

Para la etapa de control de la variable de temperatura, se utilizó el sensor de precisión en grados centígrados, LM35. Este sensor de gama baja es de funcionamiento lineal e incrementa 10mV por centígrado y censa temperaturas desde -55 hasta 150 grados Celsius ideal para el proyecto demostrativo.

En este caso, el circuito de acondicionamiento de señal se realizó con un seguidor para asegurar la tensión del sensor y luego un amplificador con ganancia 10 'para manipular los datos con mayor facilidad.

El voltaje con la ganancia establecida, pasaría por una resistencia de 250 Ohms y luego al transistor pero este consume 0,7V por lo tanto fue necesario hacer un arreglo con un divisor de voltaje y un sumador los cuales sirven para compensar la pérdida que se genera en el transistor y mantener la señal intacta. (Ver figura 26)

Finalmente, para la interfaz hombre maquina se obtuvo como resultado tres pantallas para comandar un menú inicio y las ventanas de interior y exterior. Las dos últimas, involucran sliders y barras de llenado para controlar la luz.

La etapa de control de temperatura, se utilizó para el interior y comanda el accionamiento de un motor que realmente se podría reemplazar por un ventilador o un aire acondicionado.

Las etiquetas de accionamiento fueron enlazadas en el software utilizando el protocolo Modbus y el driver genérico.

## 11. PRESUPUESTO

El presupuesto para este proyecto gira alrededor de seis millones de pesos colombianos en donde se tienen en cuenta las principales características para el funcionamiento tales como el cableado, el controlador, el computador, sensores y actuadores. Además de esto, hay que tener en cuenta detalles de obras civiles en donde hay que considerar la tubería para cableado, las perforaciones y demás labores necesarias.

Hay algunos detalles que se deben de tener en cuenta para un desarrollo formal del proyecto. Algunas de estas consisten en la adecuación de un espacio de trabajo, la adquisición de herramientas y el pago de empleados.

Para la elaboración de este prototipo, los costos son muy bajos puesto que se evaluó el desarrollo HMI, (Interfaz Hombre Maquina) en la versión demostrativa del software Indusoft, el cableado fue drásticamente inferior por ser un modelo a escala y los sensores fueron económicos que junto a los actuadores y componentes



discretos, no superaban la suma de cien mil pesos colombianos.

En este caso, todo el costo del proyecto fueron asumido por el grupo de desarrollo pero que en el caso eventual de realizar este proyecto, los gastos serán asumidos por el cliente especificando la información en la figura 27.

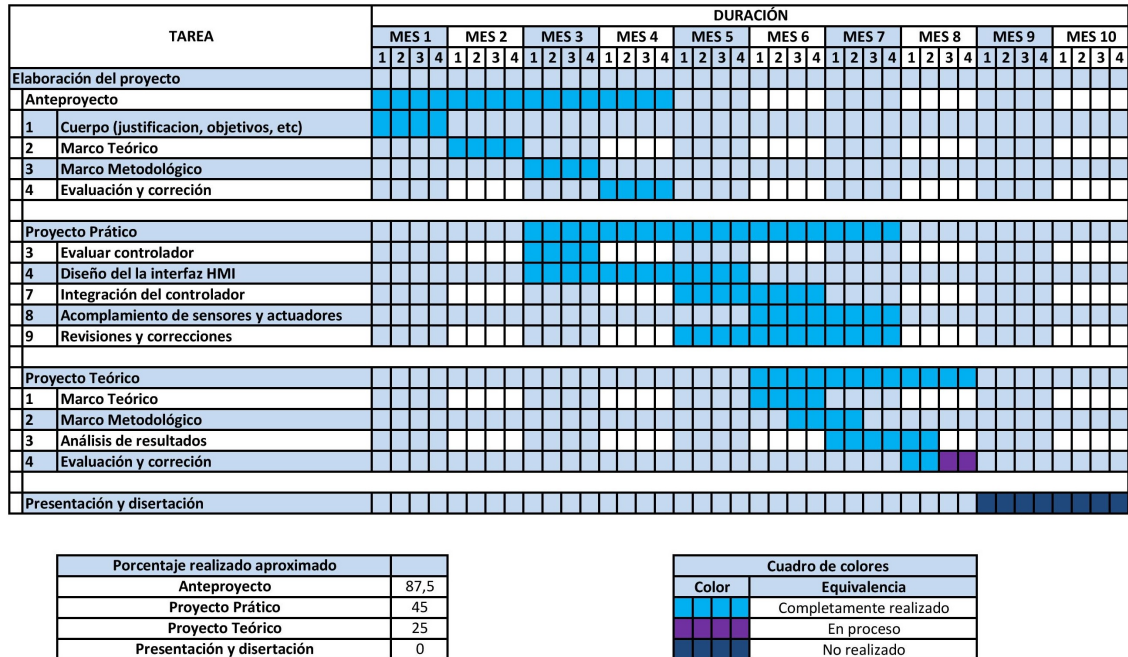
Figura 27: Presupuesto

Tipo	Cantidad Aprox	Producto	Distribuidor	Costo Aprox	Extra	Descripción
Controlador	1	PLC	Megatronic	\$ 300.000,00	Envío	PLC Thinget de entradas y salidas digitales
Controlador	1	PLC	Megatronic	\$ 200.000,00	Envío	PLC Thinget de entradas y salidas Análogas
Comunicación	1	Cable	Energi Tesla	\$ 140.000,00	N/A	Carreta cable utp nivel 5 certificado
Comunicación	1	Cable	Energi Tesla	\$ 195.000,00	N/A	Carreta cable utp nivel 6 certificado
Scada - HMI	1	Computador	Dell	\$ 900.000,00	Envío	Dell Inspiron 660s
Sensores y Actuadores	30	Sensores y Actuadores	Tienda robótica, Energi tesla, suconel, sigmaelectronica	\$ 300.000,00	Envío	Sensores y actuadores
licencia	1	Licencia Scada	Omegacontrols, Aw electrónica	\$ 3.182.500,00	Consignación	IND-15520-NT 1500 tag's y 3 drivers de comunicación
Obras	N/A	Obras civiles	Maestro de obra	\$ 60.000,00	Trabajo al día	Materiales y mano de obra para cableado
Subtotal				\$ 5.082.500,00		
Salarios				\$ 1.000.000,00		
<b>Total</b>				<b>\$ 6.082.500,00</b>		

Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

## 12. CRONOGRAMA

Figura 28: Cronograma de actividades



Fuente: González G., Andrés F., Valderrama V., Christian D

## 13. CONCLUSIONES

El grupo de investigación en el desarrollo de este proyecto, pudo reconocer y adquirir destrezas en el manejo de software dedicado al desarrollo Scada.

Para esta etapa se indagaron alternativas como Applets Java, desarrollos GUI de Matlab y algunas aplicaciones gráficas en C, pero se elige Indusoft para el desarrollo de la interfaz y la comunicación con el controlador. La decisión fue basada en la compatibilidad y las herramientas de diseño preestablecidas por este software.

El objetivo de seleccionar un PLC adecuado para el control de variables de confort, ahorro energético y seguridad, deja abierto diferentes puntos de consideración de las cuales se toman para este proyecto los aspectos de acceso inmediato al hardware y herramientas de comunicación y programación.

Por lo tanto se elige un PLC de fabricación china con características necesarias para el desarrollo de este proyecto. Allí se vio enfrentado el grupo a reconocer y manipular un controlador con información limitada.

Esto generó interés de investigación y experiencia práctica en la realización de proyectos y se observa también que la adquisición de licencias y la manipulación de hardware influyen drásticamente en el presupuesto.

Finalmente, del desarrollo de la interfaz HMI se concluye que una aplicación visual es la parte más importante de un sistema Scada. Esto en perspectiva del grupo.

La distribución correcta de botones y testigos gráficos, es esencial para la identificación de eventos y la manipulación de acciones de control no solo para la domótica sino para la ingeniería en general desde el área administrativa.

## **14. RECOMENDACIONES**

Para repetir o tomar como base este proyecto, se recomienda tomar en cuenta algunos aspectos prácticos y teóricos que se mencionan a continuación.

### **14.1. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS**

- Seleccione un PLC de acuerdo al presupuesto, teniendo en cuenta que es necesario adquirir módulos de expansión para el manejo análogo.
- Para elegir el software de desarrollo Scada, es necesario reconocer los puertos de comunicación del controlador y los drivers de compatibilidad entre el programa y el PLC.
- Para el acondicionamiento de señales, es recomendable usar amplificadores de un buen nivel y usar cada vez que se pueda, seguidores de voltaje. De esta forma se aseguran los datos de los sensores.
- Realizar la interfaz HMI teniendo en cuenta que la manipulación generalmente la realiza una tercera persona.
- Si se usa Indusoft y el PLC Thinget tal como este proyecto, es necesario recomendar que la programación en XCPPro, la asignación de entradas y salidas comienza desde cero mientras en Indusoft comienza desde 1 por lo tanto siempre debe de haber un desplazamiento en la asignación de la dirección de entradas.

### **14.2. RECOMENDACIONES TEÓRICAS**

- Consulte sobre el software de programación del PLC, las licencias de distribución y los sistemas operativos que soportan.
- Referenciar de forma correcta, las direcciones de memoria del PLC teniendo en cuenta que para Indusoft se interpretan en hexadecimal.
- Utilizar siempre la sintaxis que provee Indusoft acerca del driver de programación

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Marulanda M. Juan S, Campo F. Juan F, DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SIMULADOR DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA HOGARES, BASADO EN REDES DE PROTOCOLO X10, 2010, Tomado: 15-jun-2012, <http://biblioteca.utp.edu.co> «TESIS DIGITALES». [Online], Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/62131924M389.html>.
- [2] Rangel Alfredo, «Las ciudades más peligrosas», 31-jul-2010, Tomado: 30-jun-2012, Semana.com [Online], Disponible en: <http://www.semana.com/opinion/ciudades-peligrosas/142429-3.aspx>.
- [3] «Redes de comunicaciones - Wikitel». [Online], Tomado: 16-abr-2012, Disponible en: [http://wikitel.info/wiki/Redes\\_de\\_comunicaciones](http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones).
- [4] Herrera P. Enrique, Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial Limusa, 2003.
- [5] Jimenez B. Manuel, Comunicaciones Industriales. Protocolo Modbus. Universidad Politécnica de Cartagena pág 1-2
- [6] Gil V. Pablo, Pomares B. Jorge, Candelas H. Francisco, Redes y transmisión de datos. Universidad de Alicante, 2010.
- [7] Stair. Ralph M, Reynolds Walter, Reynolds George, Principios de Sistemas de Información: Enfoque Administrativo. Cengage Learning Editores, 2000.
- [8] «Protocolo X10». [Online], Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://www2.udec.cl/~racuna/domotica/x10.htm>.
- [9] Hogares inteligentes ó domótica doméstica: Introducción al X10 Tecnología 2.0 [Online], 12-mar-2011, Tomado: 30-jun-2012, Disponible en: <http://tecnologiadospuntocero.wordpress.com/2011/03/12/hogares-inteligentes-o-domotica-domestica-introduccion-al-x10/>.
- [10] Ogata Katsuhiko, Ingeniería de Control Moderna. Pearson Educación, 2003.
- [11] «Que es un PLC (Avanzado)» [Online], Tomado: 13-jul-2012, Disponible en: [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php).
- [12] «LA FAMILIA DE LOS PIC COMO ELECCIÓN». [Online], Tomado: 20-jul-2012, Disponible en: <http://webspace.webring.com/people/dv/valdezda/microcontroladores/fam.htm>.
- [13] Lenguaje de programación para paginas web [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos7/html/html.shtml> [Accessed:20, Sept 2012]
- [14] Definición de PHP [Online]. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/php.php> [Disponible en: 22, Sept 2012]
- [15] Iniciandome con indusoft - Página 2. Accedido 30 de enero de 2013. <http://www.infopl.net/foro/showthread.php?543-Iniciandome-con-indusoft/page2>.

- [16] Microcontroladores VS PLCs en la industria | Blog Ingenio Sólido - Centro de Desarrollo Tecnológico. Accedido 19 de julio de 2012. <http://www.ingeniosolido.com/blog/2010/10/microcontroladores-vs-plcs-en-la-industria/>.
- [17] El Protocolo de comunicaciones, el lenguaje de la domótica - DomoPrac - Domótica práctica paso a paso. Accedido 27 de julio de 2012. <http://www.domoprac.com/protocolos-de-comunicacion-y-sistemas-domoticos/el-protocolo-de-comunicaciones-el-lenguaje-de-la-domotica.html>.
- [18] LA DOMÓTICA EN COLOMBIA for Domótica\_Consumo\_Energía. Scribd. Accedido 20 de noviembre de 2012. <http://www.scribd.com/doc/78476026/Domotica-Consumo-Energia>.
- [19] Domótica por control remoto TCP/IP - Material Eléctrico | Voltimum ES. Accedido 1 de julio de 2012. <http://www.voltimum.es/cm.jsp?cat=19&subcat=0&action=view&viewmode=details&cmid=8690&universe=manufacturer.articulosdomoticos.sistemasdomoticos&pagenumber=2&rss=yes>.
- [20] phpMyAdmin. DesarrolloWeb.com. Accedido 6 de noviembre de 2012. <http://www.desarrolloweb.com/articulos/844.php>.
- [21] SIMATIC S7300. WCMS3PortletPage. Accedido 2 de octubre de 2012. <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/S7300.aspx>.